ISSN 1017-0863

技術服務季刊

行政院農業委員會農業試驗所

131

第33卷第3期

2022年9月

落花生收穫適期判斷方法介紹

彩色甜椒設施栽培概述（一）育苗、栽培模式與肥培管理

蔥破逆境 - 氣候變遷下青蔥的病蟲害管理策略

素食者的維生素 D 來源 - 照光處理蕈菇

全球藍莓生產與貿易概況

Technical Service Quarterly Bulletin

Taiwan Agricultural Research Institute

行政院農業委員會農業試驗所技術服務季刊

Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan
Technical Service Quarterly Bulletin. (Tech. Serv. Q. Bull. TARI.)

第33卷第3期
中華民國111年9月出版

封面說明：彩椒是具有多樣化特色的果菜作物，為使農友系統性了解彩色甜椒設施栽培要點，本刊特以連續性撰稿方式為文，詳細介紹彩椒相關栽培管理技術，以饗讀者。(詳見本期P5)

◎圖/文　生技組　王昭月

行政院農業委員會農業試驗所技術服務季刊
出 版 者/行政院農業委員會農業試驗所
創刊年月/民國79年3月
發 行 人：林學詩
總 編 輯：陳淑佩、呂椿棠
執行編輯：黃淑華
地　　址：台中市霧峰區萬豐里中正路189號
網　　址：https://www.tari.gov.tw
電　　話：(04)23302301~5
農民服務專線：04-23317456
本刊內容已全文上網，歡迎訂閱農業試驗所電子報，詳情請見本所網站-便民服務-訂閱電子報。

版權所有、轉載須經本所同意

展售書局：
■五南文化廣場　台中市中山路6號　(04) 22260330
■國家書店松江門市
台北市松江路209號1樓　(02) 25180207 (代表號)
■國家網路書店：https：//www.govbooks.com.tw
承 印 者：農世股份有限公司
台中市漢口路3段55巷21號　(04) 22932036
定　　價：NT 50 元

GPN：2007900008
ISSN：1017-0863　　NT$50

目錄

農藝作物

■落花生收穫適期判斷方法介紹
戴宏宇 邱紫晴 1

園藝作物

■彩色甜椒設施栽培概述(一)育苗、栽培模式與肥培管理
王昭月 王政翔 陳涵葳 林大鈞 林鳳琪 5

植物病理

■蔥破逆境－氣候變遷下青蔥的病蟲害管理策略
黃晉興 林玟珠 林宗俊 蔡佳欣 張淑貞 江明耀 11

農產加工

■素食者的維生素D來源-照光處理蕈菇
楊淑惠 洪千雅 16

作物生理

■強化重要糧食作物對氣候變遷情境之因應調適－低溫試驗設施與應用
曾清山 陳涵葳 杜元凱 關政平 22

農業經濟

■全球藍莓生產與貿易概況
江秀娥 莊凱恩 26

生物統計

■使用程式語言R輕鬆完成試驗設計分析(一)完全隨機設計
楊滿霞 32

落花生收穫適期判斷方法介紹

農試所作物組 戴宏宇 邱紫晴

一、前言

落花生 (*Arachis hypogaea* L.) 在台灣每年約有2萬公頃的種植面積，是重要的油料及糧食作物。落花生為無限生長型作物，營養生長與生殖生長並行，生育期間會不斷開花下莢直到收穫，故收穫時植株會同時具有不同成熟階段的莢果；此外，落花生莢果於土壤中發育成熟，不利觀察成熟情形，因此如何判斷整體莢果(1)成熟情形，進而預測(2)收穫適期，為落花生栽培之一大課題，過早收穫導致未成熟莢果比例過高，產量與品質下降；過晚收穫使得莢果過熟，容易因子房柄老化而落果，甚至於土中發芽，同樣會降低品質與產量。本文將簡介一些國內外常見落花生收穫適期判別方法，包含外觀型態變化、生育日數、生育期積溫以及‘成熟度比色法’(Maturity Profile Board, MPB)，其中成熟度比色法在美國大農生產體系廣泛運用，但較少於本國落花生相關研究文獻提及，因此本篇將介紹成熟度比色法，作為未來國內花生生產專區大農或落花生從業研究人員參考。

二、常見落花生收穫適期判別標的

外觀型態變化：根據地上部植株外觀或是地下部結莢情形進行判斷，當地上部植株葉色變淺、莖葉老化；花生莢果隨著籽粒充實、成熟，種皮顏色由白色轉為該品種特有顏色 (如粉紅色及黑色等)，莢殼內側光滑且出現深褐色斑點等外觀變化判定成熟程度。但是外觀觀察標的、成熟標準以及預測未來收穫適期所需天數，因前述型態變化於不同品種間不盡相同，準確性仰賴農友栽培經驗且無法量化。

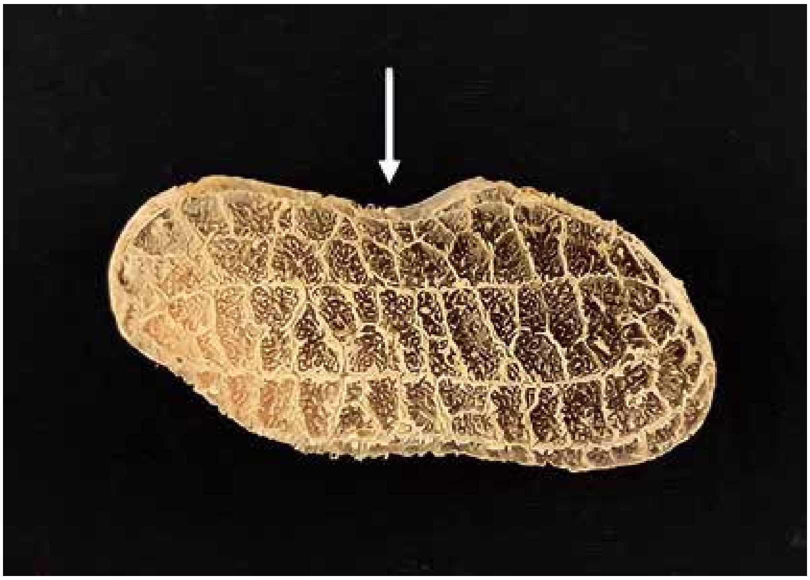
作　　者：戴宏宇助理研究員
連絡電話：04-23317111

生育日數：台灣常見花生品種於育成時，皆會提供參考生育日數作為依據，如‘台南14號’，生育日數春作120~135天，秋作105~120天；‘台南選9號’，春作生育日數110~125天，秋作95~105天；‘台南16號’，生育日數春作130~150天，秋作120~135天。此方法雖然簡便，但落花生生育期間長短會受到栽培環境(溫度、日射量及雨量等)影響，導致判定成熟期之範圍較為粗略。

生育期積溫：基本概念為將每日平均氣溫扣除作物基礎溫度，累積溫度達一定值即可進行收穫，例如印度國際半乾旱熱帶作物研究中心 (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, ICRISAT) 將早熟花生定義為積溫達1,470℃d即可收穫。但是前述位於印度的ICRISAT訂定標準與計算方法不見得適用於台灣，因為不同氣候區除了溫度，土壤溫度、日射量及降雨量等其他環境因素也不盡相同。因此，需要就個別品種/氣候區進行積溫模式建立方能得到最佳預測效果。

三、成熟度比色法介紹

成熟度比色法藉由觀察莢果的中果皮 (mesocarp) 顏色比例，判斷取樣當下成熟度以及預測未來收穫期。隨著花生莢果逐漸成熟，中果皮的顏色會由白色漸漸轉為黑色，根據Williams and Drexler (1981) 的研究，將其分成主要的五種顏色：白色 (未成熟)、黃色1 (未成熟)、黃色2 (未成熟)、橘色 (成熟早期)、棕色 (成熟)、黑色 (成熟晚期)，可以利用高壓水柱沖洗莢果或用刀子輕輕將莢果外果皮刮除，觀察莢果鞍部的位置 (Saddle region) (圖一)，對照比色板決定莢果顏色，去除外果皮 (exocarp) 後可將花生莢果中果皮顏色依照比色板顏色排列 (圖二)，計算成熟率 (Maturity ratio)，當成熟率大於或等於70%時為收穫適期，此法除了能夠客觀量化判定目前莢果成熟情形，比色板上同時會標示‘收穫天數’，對於收穫規劃排程具有參考價值。詳細步驟請參考Rowland等人 (2006)，以下簡述：



圖一、觀察莢果鞍部 (箭頭所指處) 中果皮顏色以判斷成熟度。

準備花生莢果，在田區挑選4~5株相同品種(系)的健康花生植株，採收完整植株莢果，並紀錄莢果數量。移除外果皮，利用高壓水柱可快速、一致的清除外果皮，沖洗至可清楚觀察中果皮顏色。

計算成熟率：莢果沖洗完成後對照比色板將莢果分類排列，並計算成熟率。成熟率為將棕色及黑色的莢果數相加，除以全部被沖洗的莢果數量 (圖三)，公式如下。

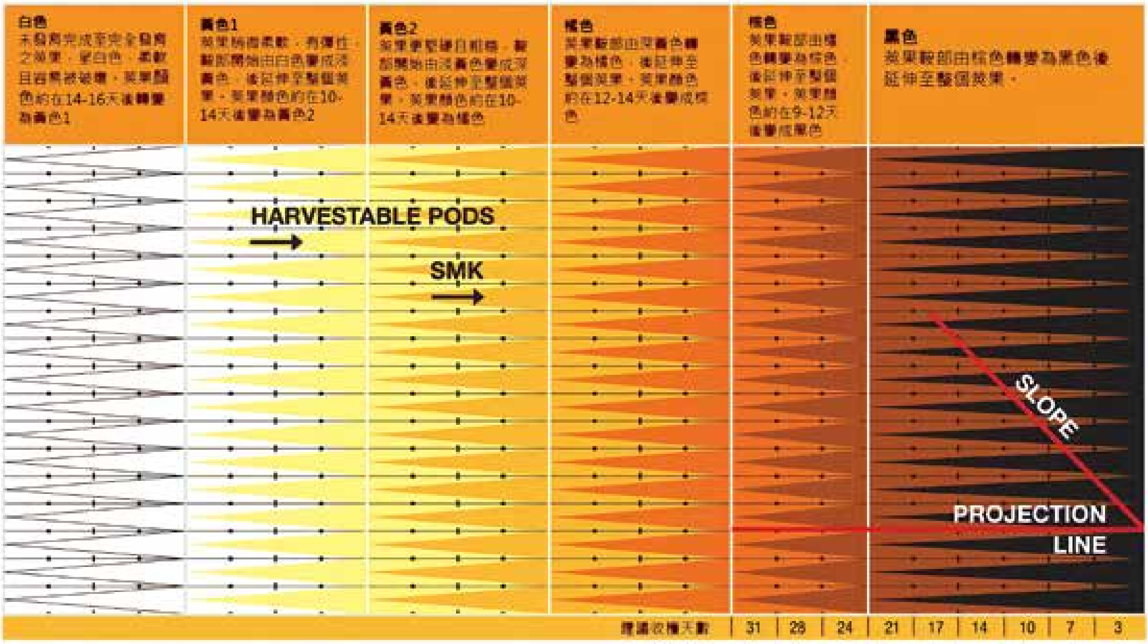
$$\text{成熟率}\,(\%) = \frac{\text{棕色} + \text{黑色莢果數}}{\text{沖洗莢果數}} \times 100$$

田區成熟率在70%或以上為最佳成熟度，成熟度不足70%時，根據莢果排列後，最右側棕色或黑色區域內具有三個莢果的區段，下方對應的數字即為建議的收穫天數。

四、結論

本文所介紹的各方法皆有其優缺點，簡便、客觀且準確的判斷花生收穫適期方法，仍為落花生產業及相關研究重要課題，以避免過早或過晚收穫。

成熟度比色板在美國被廣泛使用，農友藉由排列莢果於比色板上，除了可獲得建議的收穫天數外，各成熟等級莢果比例、分布也一目瞭然，可以提供更多資訊作為收穫甚至栽培等管理決策參考。但是成熟度比色板也有其侷限性，雖然各分級有顏色作為對照，中果皮顏色分級還是可能因主觀判定有所誤差；莢果採收、去除外皮以及顏色判定需花費時間，在達到成熟採收標準前可能需要進行多次取樣。儘管有些限制，成熟度比色法能作為客觀且量化的依據，判斷田間落花生成熟度以及預估收穫時



圖二、落花生成熟度比色板 (修改自Carter *et al.*, 2020)。

間，配合大糧倉計畫，未來若發展花生生產專區，可以協助種植大規模、品種單一的農民安排機械收穫時間，有利於作業排程。本文中圖片範例之比色板以美國落花生品種‘Florunner’所設計，未來需要進一步研究、修改方能適用於國內栽培品種。

五、參考文獻

陳國憲、楊藹華、蔡孟旅、陳昇寬、鄭安秀、江汶錦。2017。台灣花生栽培技術及收穫調製。台南區農業改良場技術專刊 NO. 167

Carter, E., P. Troy, D. Rowland, B. Tillman, K. Wynn, K. Pierre, and M. Mulvaney. 2020. Methods to evaluate peanut maturity for optimal Seed quality and yield. Agronomy Department, UF/IFAS Extension. SS-AGR-408.

Rowland, D. L., R. B. Sorensen, C. L. Butts, and W. H. Faircloth. 2006. Determination of maturity and degree day indices and their success in predicting peanut maturity. Peanut Sci. 33:125-136.

Vasudeva Rao, M. J., S. N. Nigma and A. K. S. Huda. 1992. The thermal time concept as a selection criterion for earliness in peanut. Peanut sci. 19:7-10.

Williams, E. J., and J. S. Drexler 1981. A non-destructive method for determining peanut pod maturity. Peanut sci. 8:134-141.

圖三、沖洗後落花生莢果台南10號依顏色排列於比色板示意圖。

彩色甜椒設施栽培概述
(一)育苗、栽培模式與肥培管理

農試所生技組 王昭月 王政翔 陳涵葳 林大鈞
農試所應動組 林鳳琪

一、前言

甜椒 (*Capsicum annuum* L.)是國際性高單價的果菜作物，果實顏色多為綠色、黃色或紅色；但在追求美味和提高營養價值的育種目標下，近30年來色彩豐富的彩色甜椒 (以下簡稱為彩椒) 已成為果菜市場新寵。這些經濟栽培的高品質彩椒商業品種大多是歐美種苗公司所選育，植株生長的平均適溫為21℃，日溫範圍以23~26℃，夜溫以18~21℃為最佳。在台灣的平地氣候環境下，彩椒常在7月下旬至8月育苗，8月至9月定植，並以溫、網室設施栽培模式進行經濟生產，其中以中南部的栽培面積與生產量居多。平地設施的彩椒盛產期依品種、栽培管理或栽培地點的差異，從12月延續至翌年5月；估計彩椒的設施栽培全期約9個月，期間不同生育階段的管理要點也略有不同；但完善的設施栽培模式搭配合理有序的管理技術，是彩椒生產成功的必要條件。

二、經濟生產的彩椒種類

彩椒在果實大小、果形和果色上都具有極豐富的變化，是一種具備多樣性的特色果菜作物 (圖一)。市場最常見的彩椒是大果、鐘形 (英文俗稱bell，或blocky)，以紅色或黃色果實為主，也是經濟生產的主流；大果彩椒通常是指單顆果實的平均重量近200公克或以上的彩色甜椒。中果彩椒則指單一果實的平均重量為90~150公克。至於單一果實的平均重量低於80公克的彩椒則屬於小果彩椒。近10年來，在生鮮超市內又可見到單果重低於30公克的水果彩椒。依照目前的消費型態，這種中、小型果的彩椒，符合一次食用多種顏色蔬果的需求，也適合小家庭或個人料理食用。

作　　者：王昭月助理研究員
連絡電話：04-23317335

三、彩椒的播種、育苗與健化處理

目前經濟栽培使用的彩椒種子，多半是由國外進口 (如荷蘭、以色列等地的種苗公司)，其種子單價偏高 (平均新台幣5元以上/粒)，這些種子多數經過滲調處理 (priming) 和特殊化學藥劑的披膜 (coating)，使種子發芽率高又整齊，而萌芽後幼苗的生長勢也很好，因此廣受專業農戶採用，常見的生產品種有黃色大果的『大金莎』或紅色大果的『SPR101』。彩椒種子為暗發芽型，播種覆土深度約0.5 公分。高活力的彩椒種子在播種後2周內，發芽率可達9成以上；但採種氣候不佳，或未能妥善在低溫下 (4℃)貯放的老舊種子(具休眠性) 常萌芽不整齊，即使播種4周後的發芽率也只能達到30~60 %。彩椒播種的適溫範圍為23~28℃，低於18℃或高於33℃會延遲種子發芽時間或降低萌芽率。

彩椒育苗介質以疏鬆為原則，可混合泥炭土：蛭石：珍珠石，比率約4：1：1。育苗期約1.5個月，苗期的介質切忌太濕，以輕微乾燥為佳。估計1分地設施栽培所需的種苗量約2,500~3,000株，可依據種子發芽率來估算所需之種子數量。播種萌芽後1~2周可先行假植，假植1~2周後再進行健化處理1周；經過健化處理再定植可提高初期生長勢，並提高設施栽培產量。育苗期間的肥料管理，可葉面噴施1至2次低濃度的液肥 (如百得肥或花寶2號，稀釋2,500倍)；另為促進苗株的根系發展，亦可酌量澆灌含有益生菌的營養劑 (如500倍的台肥活力生技營養劑2號等)。若為避免定植初期幼苗發生立枯病，可在健化後期至定植前灌注殺菌劑 (如依得利或萬佳多稀釋2000倍等)。完成健化處理和殺菌的彩椒苗 (約4~5周苗齡，如圖二)，即可定植於田間或溫、網室設施內，進行各階段 (生育期、開花期、結果期) 的栽培管理作業。

圖一、彩椒是具有多樣化特色的果菜作物，從果形到果色的變化豐富。

四、彩椒設施栽培模式及肥培管理

彩椒依照栽培場域的環境條件，分為溫、網室設施栽培或露地栽培兩種。台灣露地栽培僅局限於晚秋定植，冬季至初春採果，販售通路以鄰近市場的內銷為主，青椒栽培即屬於此類。以中南部露地生產區而言，大約是10~11月定植，果實採收期則以12月至翌年3月為主，但果實品質容易受到天候影響，例如遭遇低溫(12℃以下)或強降雨時，常導致果實畸形、變小，產量明顯降低，因此高產值的彩椒仍以設施栽培為主。設施生產的彩椒除供應內銷鮮食市場，部分高品質的彩椒亦可提供外銷。彩椒在中南部產區的設施栽培可從8月底至翌年6月上旬，果實採收期依照定植期與營養管理可從12月至翌年6月上旬，屬於分批連續採收作物(正常4批次以上)。設施栽培的彩椒品質和產量優於露地栽

圖二、完成健化處理預備定植的彩椒苗（本葉4片以上，苗齡約4周）。

圖三、設施內使用土耕栽培模式生產有機彩椒的結果情形。

培；常見之設施栽培又可依照種植的介質差異，分為土耕或離地介質栽培兩種方式，針對不同的設施栽培方式與施肥作業分述如下。

(一)設施土耕栽培：於設施內作畦栽培，畦寬約80~90公分作雙行植，株距約45公分，走道或畦溝約70公分。為防止雜草滋生與避免土壤水分劇烈變化，可在(走道) 上敷蓋抑草蓆或塑膠布 (圖三)。此外土耕栽培也可配合裝設滴灌系統，供應水分或液肥，其滴灌量則可依土質、氣候環境差異進行微調。一般而言，土耕栽培的水分管理以適當濕度或微乾較佳，適度的水分含量才可維持土壤的通氣性，有利於根系的長期生長。彩椒為長期果菜作物，肥料用量略高於短期蔬菜作物並需定期施用追肥。土耕栽培下的施肥作業，需於整地時施用生育全期的基肥，尤其有機質基肥特別重要，每分地用量約1,000~1,200 公斤的腐熟堆肥；化學基肥可視土壤狀態調整，一般每分地硫酸銨約12~15公斤，磷酐約12~15公斤，鉀肥約20公斤；在細整地時把基肥和土壤混合均勻即可。土耕的第一次追肥大約在定植後2周施用，每分地硫酸銨用量約10公斤，可環施於株間，或溶於水澆灌。進入開花、結果初期則間隔2周施用開花與果實生長追肥一次，可用硫酸銨15 公斤與氯化鉀10公斤混合施用，或是使用有機質複合肥料 (如台肥43 號等) 約15 公斤，在畦面開淺溝施用。另外為提升彩椒果實的品質和產量，進入果實採收期到整個採收期間，每間隔0.5個月可再補充可溶性磷、鉀肥(如台肥6號即溶複合肥料；或台肥活力生技營養劑1號等)，分別稀釋1,000倍或500倍以葉面噴灑方式施用，以補充連續性開花、果實生長所需之磷、鉀肥。

(二)設施離地介質栽培：依據栽培床架設施差異，離地介質栽培又區分『植床栽培』或『籃耕栽培』2種方式分述如下。

1.植床栽培方式：一般植床的畦面寬約為80~90公分，可採用雙行植，株距約40 公分。栽培介質以泥炭土為主，可混合兼具保水、保肥、透氣為原則的其他介質；早期另有少數業者是直接使用岩棉介質進行養液栽培。以中部低海拔(南投縣信義鄉羅娜地區)專業栽培農戶為例，植床介質可混和泥炭土/蛭石 (/珍珠石)，混合比率約 20/1 (/3)；其植床上也搭配滴灌系統，供應栽培期間所需的水分或液肥。植床介質栽培的肥培管理參照土耕栽培的追肥施用方式與用量。惟植床栽培的『植床』與『介質』常做重複使用，故需要特別注意定植前的消毒工作，包含舊介質的淋洗處理。以羅娜地區為例，慣行以高溫沸水方式進行介質消毒。此外，重複使用的介質還需抽樣分析EC值，以便作為調整施肥或追肥之參考。

2.籃耕栽培方式：籃耕使用的塑膠籃(內徑)大小為 長×寬×高=60公分×40公分×20公分，每籃內放置1袋介質，經消毒後體積約23公升，介質配方則依栽培管理經驗調配，也可同於前述的植床

介質配方。以目前使用的塑膠籃容量，每籃可種植6株 (雙行植)。以南投縣埔里彩椒專業生產班為例，每分地籃耕的種植總株數為2,304株 (總數為384籃，圖四)。籃耕介質經消毒後通常裝填於表面為銀色(或白色)的袋子並封口，可防止根溫過高。如採用進口的混合培養土(70公升裝)，則分注於3個介質袋再密封。定位後的介質袋需再打洞以便定植，操作時可使用鋼製模板，請工人按固定間隔開洞，每袋先開6個洞以栽植6株彩椒苗。另外在介質袋中間又開2個小洞，可用於施放緩效性肥料 (定植後長出新葉時施用)， 2小洞的附近則放置2條滴灌管，用以補充水分和液肥，也可幫助緩效性肥料之釋放 (圖五)。以埔里彩椒專業生產班的籃耕滴灌系統為例，養液配方大約是1噸的水加入硝酸鈣200公克、磷酸一鉀280公克、硝酸鉀400公克、硫酸鎂400公克、可溶性微量元素60公克。等到彩椒果實發育到5公分大小時，每10天另補充1次有機液肥 (如海草精、複合營養劑活力1號等)，約稀釋800倍以葉面噴灑方式施用，可補充植株連續性開花和果實生長所需的有機質、磷、鉀肥，並提升果實品質 (如甜度、脆度等)。

五、結語

彩椒為高經濟價值的設施栽培作物，一般平地設施生產大約是從9月至翌年5月，果實採收期大約是12月至翌年5月。另可在低海拔地區 (海拔高度450~800公尺為宜) 進行設施栽培，其栽培期為2月至9月，果實採收期為6月至9月。部分業者為因應市場周年性需求，可藉由平地和低海拔分區生產的方式來調節全年供應。而依據近3年果菜市場的單月平均價格顯示，7月至翌年的2月是彩椒單價較高的月份 (單價約為其他月份的1.5倍 ~ 2倍)；但山地設施生產的成本和風險也相對高於平地，一般農戶較少使用此種接力生產模式。但近年來鑑於安全生產的高品質果菜類需

圖四、埔里地區的彩椒生產為籃耕栽培方式，每分地約2,304株，其植株初期生長情形。

圖五、埔里的彩椒籃耕栽培，搭配滴灌（紅色指示）養液供應與緩效性肥料(黃圈內)施用情形。

求性增加，部分平地設施栽培彩椒的專業農戶，已轉型成為有機設施栽培，並配合有機資材與作物有害生物綜合防治(*Integrated Pest Management* 簡稱IPM)之應用。依據近兩年的農產品批發市場交易行情站資料顯示，有機大果彩椒的全年性月平均單價是一般設施栽培彩椒的1.5倍~4倍，成為一項運用栽培技術致勝並求取穩定高收益的果菜作物新選擇。

六、參考文獻

Andrews, J. 1995. Peppers-The Domesticated *Capsicum*. University of Texas Press. p.36-58.

Bosland, P.W. and E. J. Votava. 2012. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. CAB International, Wallingford, United Kingdom. 230 pp.

Erickson, A. N. and A. H. Markhart. 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant, Cell and Environment 25: 123-130.

Russo, V. M. 2012. Peppers : botany, production and uses. CABI, Cambridge. 280 pp.

蔥破逆境－氣候變遷下青蔥的病蟲害管理策略

農試所植病組 黃晉興 林玫珠 林宗俊 蔡佳欣

農試所應動組 張淑貞 江明耀

一、前言

青蔥（學名 *Allium fistulosum* L.，英名為Welsh onion、green onion、spring onion或bunching onion），為蔥科蔥屬一年生或多年生的宿根性草本植物，原產地是在中國西北部及西伯利亞貝加爾湖一帶，在中國已有3,000年以上的栽培歷史，為華人最重要的香辛蔬菜之一。青蔥中空圓筒形的葉子，外觀呈現粉綠色，接近根部的白色莖狀結構是一層層葉鞘包裹成管柱狀之「假莖」，由於埋在土層中少受日照而呈現白色，常稱做「蔥白」，一般我們所食用的是蔥在地上的部分，包括假莖（蔥白）和葉（蔥葉）的部位，而真正的莖是位於蔥白內部下方，大小如指甲而色呈淡黃褐色的組織，分蘗由此處上方長出，而根由此處下方長出。

台灣的青蔥最早是由中國大陸移民傳入，後來又引進日本的青蔥品種，加上試驗改良場所多年的育種與栽培技術改良，目前栽培的蔥品種有‘北蔥’、‘四季蔥’和‘大蔥’三大類，以‘四季蔥’類的品種栽培最多，‘四季蔥’又稱「日本蔥」、「大廣蔥」、「九條蔥」，此品種葉身厚大且柔軟，口感風味佳，深受消費者喜愛，而植株分蘗多、生育力強且產量高，也受農民歡迎，在各縣市多有栽培（資料來源：農業委員會農業知識入口網青蔥主題館）。110年農業統計年報的資料顯示，110年全台灣青蔥的種植面積4,460公頃，而年產量約10萬噸，主要產地在彰化縣與雲林縣，合計約占73%，其次宜蘭縣約占10%，再次之是台中市約占4%，其他各縣市則有零星栽培。

目前在台灣栽培主要是以前期的青蔥植株經分苗後，單苗或數苗直接插入畦土中種植，讓其分蘗生長3個月（夏季）4個月（冬季）可繁殖8-10倍枝葉。在彰化縣與雲林縣栽培的青蔥以淺植為主，蔥白較短但產量高，批發市場的產品名稱為「粉蔥」；宜蘭縣的青蔥以深植為主，蔥白明顯較長但產量較低，不過品質佳而售價較

作　　者：黃晉興副研究員
連絡電話：04-23317509

高，批發市場的產品名稱為「日蔥」，以「三星蔥」最具盛名，是高級餐廳的重要食材。曾有中南部農民嘗試以深植的方式栽培‘四季蔥’，但生長不佳，可能與風土環境有關。

二、氣候變遷對青蔥栽培與病蟲害發生之影響

由於地球大氣層溫室氣體濃度升高而導致氣候變遷，造成農業氣象改變，最常見的氣候逆境是旱澇越來越明顯，這對於青蔥栽培的影響巨大，例如連續乾旱的日數越來越長，造成害蟲大肆繁殖；降雨越來越集中，造成蔥田淹水而使作物大幅減產，其中以後者最嚴重。

在連續乾旱的時期，易發生蟲害，尤其是薊馬、葉蟎、甜菜夜蛾，常導致農民更密集的施用農藥，造成一些農藥殘留不合格的不良後果。近年來台灣發生強降雨的頻率增加，造成青蔥植株莖腐、葉枯，嚴重者，甚至大規模死亡，大量減產的結果使售價在3個月內暴漲數倍（圖一）。起初農民認為這是因為大雨而導致生長不良，然而經由行政院農業委員會農業試驗所（簡稱本所）研究人員在一系列的研究後，結果顯示這些損失大多是由疫病菌以及部分由軟腐細菌引起。經人工環境模擬測試，初步歸納台灣青蔥疫病好發於夏秋季連續2天以上陰雨的條件，而這疫病菌感染造成病害發生速度很快，數天之內即可造成大規模病害，故雨後再防治已經晚了一步。

圖一、民國108-110年全台批發市場粉蔥價量走勢圖（資料來源：農產品批發市場交易行情站）。

三、因應氣候變遷環境之青蔥病蟲害防治策略

為了因應極端天氣事件所升高的病蟲害管理難度，以及避免青蔥栽培者過度地依賴農藥，本所的作物病蟲害研究團隊建立一套「青蔥高品質抗逆境之減農藥栽培管理方法」（圖二），有效防治青蔥病蟲害，提升產量，並減少農藥使用與殘留的風險。

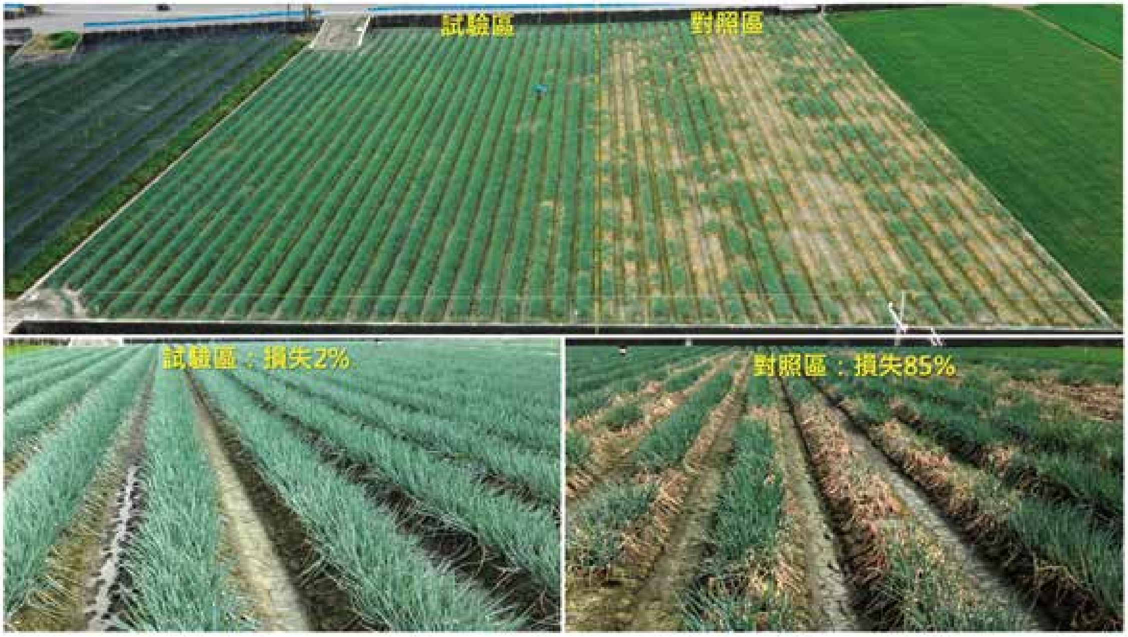
(一) 健康種苗～無特定病原的健康種苗是成功栽培的第一步：若是種苗攜帶病毒、疫病菌、軟腐細菌及菌質體等病原以及害蟲，會成為後續田間病蟲害發生的重要的源頭，特別在極端天氣事件發生時，造成病害一發不可收拾。採行方法：1. 使用與本所合作之農會或種苗業者培育之無病毒種苗；2. 自無發病的田區選用品質佳的蔥苗；3. 汰除不良帶病菌的種苗並於種苗種植前先噴施或浸潤推薦用藥（參考植保手冊或「植物保護資訊系統https://otserv2.tactri.gov.tw/ppm/」）。不過要農民改變觀念相當不容易，因為‘四季

圖二、因應氣候變遷環境下，青蔥病蟲害的防治策略。

蔥’品種喜涼耐旱，在風調雨順的季節栽培容易而價格不高，農民不願意多花精力去特別操作；待豪雨過後，蔥價飆漲，農民又把品質好的蔥拿去賣，反而留下賣價不高的次級蔥來當作種苗，殊不知這樣是自找麻煩，這些次級品經常是病原的來源，將這些不良的青蔥苗帶入田區，就等於是引狼入室。

(二) 綜合管理～減農藥少殘留之病蟲害防治技術整合：1. 同區域的農田可共同懸掛甜菜夜蛾性費洛蒙誘捕器，誘殺雄蛾並監測夜蛾數量，一旦蟲數超過警戒值則適時地施用蘇力菌製劑，配合輪用不同類別的藥劑（見(一)健康種苗內容），可減少夜蛾抗藥性發生；2. 葉蟎等小型害蟲常躲藏在葉片疊合或彎折處，施用防治資材時應儘量使藥劑接觸這些部位；3. 定期以安全低風險的次氯酸水50-100 mg/L澆灑青蔥植株，可降低細菌性軟腐病的危害；4. 田區應加強排水措施以防雨季淹水。這些都是綜合管理的重點，但農民卻常忽視，一意只想找特效藥，就好像胖子要減肥，只想找特效的減肥藥，卻忽略了少吃多動才是根本的方法。

(三) 超前部署～因應豪雨強化青蔥疫病之防治策略：1. 每年的5至10月應注意梅雨、以及颱風季與西南氣流帶來的豪大雨，特別是連續陰雨超過3天，則很可能會暴發疫病，而每年1至4月若降雨日少，則應注意害蟲



圖三、民國110年農業試驗所輔導彰化青蔥管理試驗田，應用健康種苗、綜合管理、超前部署等策略，經過5月下旬至6月上旬梅雨及8月上旬連續強降雨的考驗，在8月下旬試驗區仍表現良好，與對照區有明顯的差異。

危害；2. 在雨期1～1.5個月前開始定期施用安全風險低的資材—中和化亞磷酸鹽以增加其抗病力；3. 雨季前3天內、雨期間歇期中、雨期後等重要時間點，施用防治疫病的化學藥劑（見 (一) 健康種苗內容）。要能夠準確預測連續陰雨天即將來臨，需要氣象預測科技的協助，那麼就有足夠的時間事先預防，以及雨後的補救，才能超前部署，精準用藥，減少農藥的使用（圖三），就如同這句成語：大敵將至，列陣以待。

四、結語

本所的研究團隊研發綜合管理技術，藉由氣象數據研判病蟲害可能危害時間，利用健康種苗、綜合管理、超前部署等措施，成功在110年8月連續強降雨之後使一塊試驗田的青蔥產量損失由85%降至2%。未來的推廣工作是技術擴散，將這些技術教導農民、產銷班與農會、生產合作社等，增加農民收益，並確保農產品的安全。目前本技術已在宜蘭與彰雲兩大地區進行輔導，宜蘭地區著重在健康種苗生產體系之建立，以及肥培的調整，已與宜蘭縣政府以及三星地區農會合作，加速開展；在彰雲大產區則著重觀念的導入，以及領頭農戶的指導，建立生產體系調整的基礎。總之，氣候在變，青蔥栽培的觀念與技術也要調整，才能因應極端天氣帶來的挑戰，本所並已於110年8月11日舉辦「高品質青蔥抗逆境減農藥栽培管理方法」發表記者會，期望藉由媒體多元發布將新技術進一步推廣至台各產區（圖四）。

圖四、民國110年8月11日於農委會農業試驗所舉辦「高品質青蔥抗逆境減農藥栽培管理方法」發表記者會。

素食者的維生素D來源—照光處理蕈菇

農試所鳳山分所 楊淑惠 洪千雅

一、前言

依據國際環保組織「地球之友歐洲, Friends of the Earth Europe」2014年出版的「Meat Atlas: facts and figures about the animals we eat」報告推估，全球約有 3.75 億、約 5%的素食 (vegetarian) 人口；台灣基於宗教、風俗及飲食等多元特性，據 Worldatlas 報導，素食人口比例約在12%左右 (約280萬人)(2)。維生素D 是營養素，也一種具有多重生理作用的荷爾蒙 (pleiotrophic hormone)，在自然界中有多種形式，動物性食物來源的維生素D_3 (又稱為膽鈣化醇, cholecalciferol)，植物性食物來源的維生素D_2 (又稱為麥角鈣化醇, ergocalciferol)，兩者為營養形式的維生素D無生理活性。經由肝臟內的25-羥化酶 (25- hydroxylase) 代謝為25-羥基維生素D25-羥基維生素D (25-hydroxyvitamin D), 25(OH)D，也稱為鈣二醇 (calcidiol) 為血液循環中主要的維生素D形式，再藉由循環被帶至腎臟，經由腎臟內的1α-羥化酶轉化為1,25-羥基維生素 D (l, 25-dihydroxyvitamin D，1,25(OH)2D)，是實際具有生理活性的維生素D。目前作為評估身體維生素D狀態的依據為血清中的25(OH)D指數，就對骨骼健康而言，美國國家科學院 (National Academies) 醫學所 (Institute of Medicine, IOM) 建議 25(OH)D 應在20 ng/ml以上 (=50 nmol/L)；美國內分泌協會(Endocrine society)、國際骨質疏鬆基金會 (International Osteoporosis Fundation, IOF) 等則建議年長者至少應在30 ng/mL以上，臨床醫師以20-30 ng/mL以下為缺乏狀態 (4,5)。

二、國外維生素D蕈菇生產概況

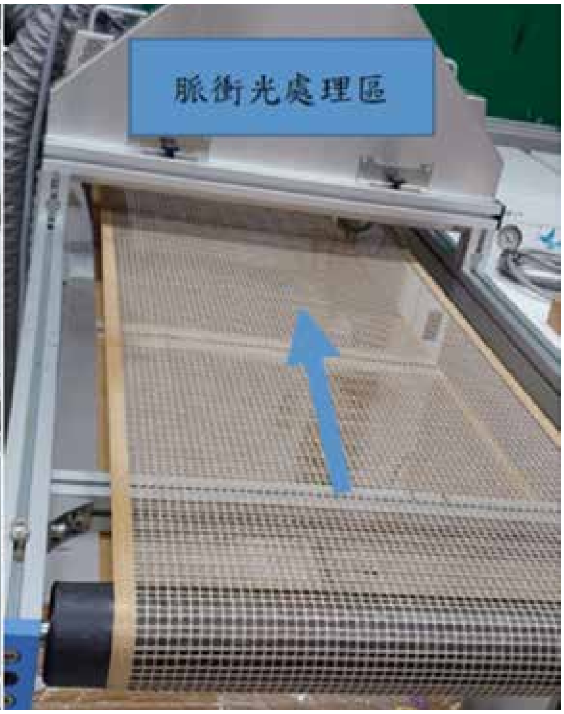
維生素D來源，一是皮膚接受充足的太陽紫外線照射而自行合成，二是食物攝取，包含動物性來源，含油脂的魚類、雞蛋、紅肉、肝臟等及植物性來源，經過日光照射的野生菇、日曬的乾燥菇或人工紫外線光照射處理的蕈菇類；因為蕈菇中含有大量的麥角固醇 (ergosterol) 成分，經過紫外光照射可將其轉化合成維生素D_2 (5)。

作　者：楊淑惠副研究員
連絡電話：07-7310191-408

現行的菇類生產模式，菇類種植在高濕度的室內環境，生長過程不會受到陽光照射，並不會自然生產維生素D。文獻研究顯示，在相同的光照強度(1.08 J /cm^2) 下處理洋菇，傳統UVB燈具照射10-30分鐘，可產生1008 IU D_2/100g 鮮重；用太陽光照射2.5 小時，可產生918 IU D_2/100 g鮮重(6)，且紫外線技術生產的維生素 D 蘑菇已經被認為是安全的，適合引入市場(7,8)。利用太陽光或連續紫外光來處理蘑菇，產生維生素 D_2 所需的暴露時間大約為幾分鐘到幾小時，這對商業化生產維生素D蘑菇來說，所需時間太長並不實用。脈衝紫外光 (pulsed light) 是一種利用廣譜 (100-800 nm) 和高強度脈衝的技術，提供相同紫外光照射劑量所需的時間，與傳統UVB紫外光相比較，使用脈衝紫外光所需的時間要短的得多，以洋菇轉換生產相同含量維生素D_2為例，使用傳統UV-B燈處理需10-15min；使用脈衝紫外光處理則只需1.0 sec。美國、愛爾蘭、荷蘭和澳大利亞的一些大型商業蘑菇農場，將新鮮蘑菇暴露在脈衝紫外光照射下，產生至少 400-800 IU D2/100 g 鮮重，可以為消費者提供50-100% 的每日所需維生素 D(3)。

三、規劃國產維生素D蕈菇生產流程

國產常見的食用蕈菇，包括洋菇 (*Agaricus bisporus*)、金針菇 (*Flammulina velutipes*)、秀珍菇 (*Pleurotus ostreatus*)、杏鮑菇 (*Pleurotus eryngii*)、鴻喜菇 (*Hypsizigus marmoreus*)、珊瑚



圖一、維生素D生鮮蕈菇脈衝紫外光照光處理流程。

菇 (*Pleurotus citrinopileatus*)、白木耳 (*Trmella fuciformis*)、香菇 (*Lentinula edodes*)、木耳 (*Auricularia polytricha*) 等等產量、品質穩定，依據110年農業統計年報，菇類總產量43,498公噸，包括洋菇4,306公噸、香菇4,551公噸、金針菇22,503公噸，總產值為90億元。為保持維生素D蕈菇的新鮮度，以高強度的脈衝光技術生產含維生素D的蕈菇，就時間及流程上更具效率。依照菇類集貨場的作業流程，於出貨前，將生鮮蕈菇放入脈衝光照射區，依標準照光流程進行脈衝光處理，蕈菇放置大盤，批次照光 (圖一) 後，裝盒、封膜；或蕈菇直接放入小盒盤，置入照射區，照光後封膜，維生素D蕈菇的終端產品 (圖二)。

四、照光處理維生素D蕈菇成分

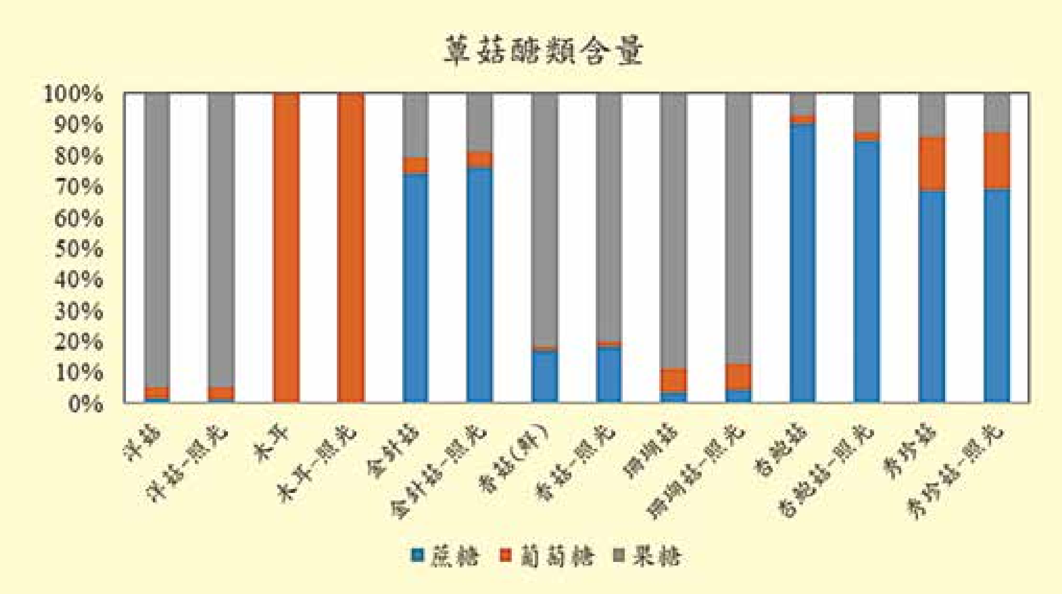
分析國產生鮮蕈菇的維生素D_2含量顯示，只有「木耳」含少量維生素D_2，約200-800 IU/100 g鮮重；其他生鮮蕈菇的含量極少，低於8 IU/100 g 鮮重。脈衝紫外光照光處理蕈菇的維生素D_2含量，每100克的生鮮維生素D蕈菇，維生素D_2含量約為1,600 IU-8,800 IU/100 g鮮重；如鮮食香菇維生素D_2含量1,600 ± 150 IU/100 g鮮重；珊瑚菇含量8,800 ± 220 IU/100 g鮮重，國內菇類種類多樣，經標準光照處理流程，其轉化成維生素D_2的量，因菇類的外形、大小、色澤、受光照面積等的不同，含量差異頗大 (圖三)。由分析結果顯示，食用一份 100 克的國產維生素D蕈菇，可以為消費者提供 100% 的每日所需的維生素 D。冷藏試驗也顯示，維生素D蕈菇於5-8℃冷藏存放3週，其維生素D_2含量無顯著變化。

蕈菇的主要糖類成分包括蔗糖、葡萄糖及果糖，果糖為洋菇、珊瑚菇及鮮食香菇的主要糖類含量占80% - 95%；蔗糖為杏鮑菇、金針菇及秀珍菇的主要糖類含量占70% - 90%；木耳主要糖類為葡萄糖，未測得其他糖類，不同菇類的糖類成分差異很大，研究顯示經照光處理後蕈菇糖類含量略有變動 (圖四)，但統計上不具差異性 ($p > 0.05$)。蕈菇的有機酸成分包括蘋果酸、

圖二、脈衝紫外光照光處理國產維生素D生鮮蕈菇。

異丁酸 (isobutyric acid) 、焦谷氨酸 (L-Pyroglutamic acid)、檸檬酸、莽草酸 (shikimicacid)及延胡索酸 (Fumaric Acid) 等，蘋果酸含量占27.1% - 75.1%、異丁酸含量占13.9% - 58.1%為菇類的主要有機酸成分，分析顯示經照光處理後蕈菇有機類酸含量略有變動 (圖五)，但統計上不具差異性 (p >0.05)。上述二項結

圖三、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之維生素D_2含量。



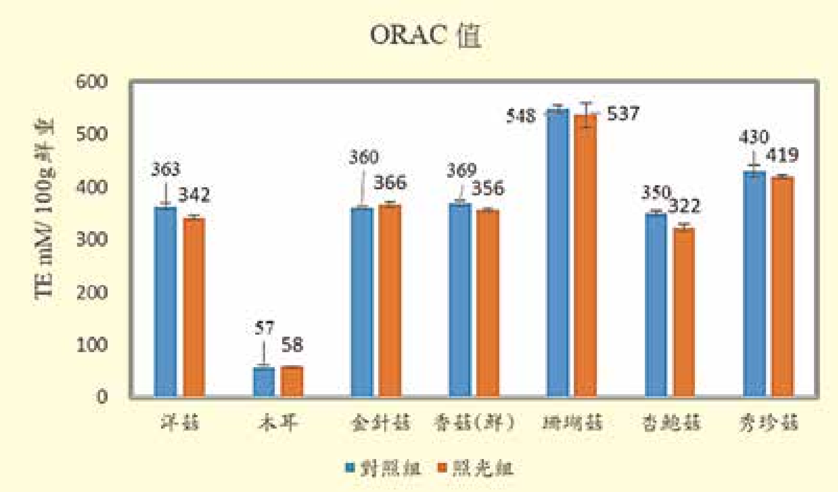
圖四、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之醣類含量變化。

果顯示生鮮蕈菇經過脈衝光照射，對主要成分無顯著影響，可保有生鮮菇的品質；蕈菇的抗氧化力以ORAC值表示，數值愈高顯示抗氧化力愈強，珊瑚菇ORAC值548 ± 8.0 TE mM/ 100g 鮮重，抗氧化力相對高，其他試驗菇類的ORAC值342 ± 4.0 TE mM/ 100g至430 ± 12 TE mM/ 100g，不同菇種生鮮蕈菇的ORAC值差異很大，試驗顯示經照光處理後蕈菇ORAC值略有變動 (圖六)，但統計上不具差異性 (p >0.05)，結果顯示脈衝光照射，對蕈菇機能性無顯著影響。

五、展望

依據國民健康署公告之研究計畫，「國民營養狀況變遷調查報告 102-105」成果報告顯示，國人從飲食中攝取的脂溶性營養素缺乏最嚴重的是維生素D及維生素E。衛生福利部國民健康署106年發布的國人營養素參考攝取量，維生素D建議攝取量，0至50歲成人每天為10 μg (400 IU)，51歲以上為15 μg(600 IU)。國人維生素D的攝取狀況普遍偏差，僅男性 1-6 歲、男性 19-44 歲、女性 2 個月-6 歲者的維生素D平均攝取量達「國人膳食營養素參考攝取量 (Dietary Reference Intakes, DRIs)」建議量，其他年齡層的男女性均未達建議攝取量(1)，男性青年 (13-44 歲) 和壯年 (45 歲以上) 不足比率分

圖五、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之有機酸含量變化。



圖六、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之抗氧化力變化。

別為近 60% 及 40%；女性不足比率分別為達 80% 及60%，僅2%以下的女性血清中維生素D高於標準。上述研究報告顯示國人維生素D營養攝取顯著不足。

國人維生素D不足的可能原因，認為亞熱帶國家陽光充足，日曬充足的地區不會有維生素D缺乏的問題。但對於人類來說，紫外線照在皮膚上能夠合成維生素D，也可能傷害皮膚增加皮膚病變的風險。將蕈菇採收後利用人工紫外光照射，就可以產生大量的維生素D_2，成為「維生素D蕈菇」，是新鮮的營養食材，也是素食者攝取維生素D的唯一新鮮食材來源。

有關消費者攝食維生素D_2蕈菇後，在人體實際的生物利用率等研究，有研究文獻顯示，受試者食用400 IU維生素D_2可在體內轉換成約0.03 ng/mL 25(OH)D (9)。國內相關報告尚不充足，需要產官學人力投入，持續累積資訊，供消費者參考。後續藉由加工萃取技術，生產高濃度維生素D_2營養補充品的研究也將持續進行，期能有效提升國產蕈菇的產值及利用率。

六、參考文獻

潘文涵。2016。國民營養狀況變遷調查報告 102-105成果報告。

經濟部研究發展委員會。2020。國內外經濟情勢分析-專論-素食經濟崛起。

Cardwell, G., J. F. Bornman, A. P. James, and L. J. Black. 2018. A Review of Mushrooms as a Potential Source of Dietary Vitamin D. Nutrients. 10(10):1498-1508.

Hossein-nezhad A, Holick MF. Vitamin D for health: a global perspective. 2013. Mayo Clin Proc. 88:720–755.

Nigwekar SU, Bhan I, Thadhani R. Ergocalciferol and cholecalciferol in CKD. 2012. Am J Kidney Dis. 60:139–156.

Mau, J.L., Chen, P.R. and Yang, J.H. 1998. Ultraviolet irradiation increased vitamin D2 content in edible mushrooms. J. Agric. Food Chem. 46:5269–5272.

Simon, R. R., K. M. Phillips, R. L. Horst, I.C. Munro. 2011. Vitamin D mushrooms: Comparison of the composition of button mushrooms (Agaricus bisporus) treated post-harvest with UVB light or sunlight. J. Agri. Food Chem. 59:8724–8732.

Simon, R. R., J. F. Borzelleca, H. F. DeLuca, and C. M. Weaver. 2013. Safety assessment of the post-harvest treatment of button mushrooms (Agaricus bisporus) using ultraviolet light. Food Chem Toxi. 56:278-289.

Urbain1, P., F. Singler, G. Ihorst, H. K. Biesalski, and H. Bertz. 2011. Bioavailability of vitamin D2 from UV-B-irradiated button mushrooms in healthy adults deficient in serum 25-hydroxyvitamin D: a randomized controlled trial Euro. J. Clin. Nutr. 65: 965–971.

強化重要糧食作物對氣候變遷情境之因應調適—低溫試驗設施與應用

農試所生技組 曾清山 陳涵葳 杜元凱 關政平

一、前言

農業生產受環境條件的影響很大，而氣候變遷對於農業環境所造成的重大影響，除因大氣CO_2濃度增高，造成氣候暖化，日、夜溫明顯上升外，極端氣候亦增加天然災害頻率。台灣除了颱風、豪雨、乾旱因雨量引發的天然災害外，還有受低溫造成的寒害。依據中央氣象局對台灣致災天氣系統分類統計，1985-2019年寒害造成的災損達4.77%(圖一)，僅次於颱風和豪雨。台灣位於東亞地區，冬季受到來自西伯利亞的冷氣團影響而有寒流發生，氣溫突然下降及持續低溫，造成農、漁業重大的損失。2016年1月的極端寒流事件讓台北、高雄地區分別出現長達62和32小時10℃以下的連續低溫，農作物損失金額高達42億。近年在全球暖化衝擊下，全球平均溫度有愈來愈高的趨勢，但台灣冬季達寒流的天數並沒有明顯的減少趨勢。冬季的平均溫度雖然有增加趨勢，但是發生寒流的強度並沒有減少，甚至極端低溫事件發生之頻率反而有增加的情形，往往一次極端事件便會造成重大損失，因此如何降低未來寒流事件造成的災害將非常重要。

圖一、台灣致災天氣系統分類統計(1985-2019年)。

對於農業生產而言，受極端氣候變化影響，使得糧食生產環境變得更具挑戰，進而影響糧食供應的不確定性，牽動著國內外糧食供應政策與應變機制。為因應連續低溫所造成的損失，本所建置模擬低溫環境的試驗設施，期能在多變的環境下瞭解其對作物的影響，進而提出對應的調適措施，以確保農業生產安全。

作　　者：曾清山副研究員
連絡電話：04-23317312

二、低溫逆境對作物的危害

每種作物都有其適宜生長溫度、最高及最低溫度忍受值。低溫可分為冷害(chilling injury)及凍害(freezing)。凍害指0℃以下低溫對越冬作物所造成的傷害；冷害指0℃以上低溫對作物的損害。低溫對作物的影響，輕微者僅對生理代謝造成抑制，其中最明顯的是光合成速率的降低。嚴重時，農作物之組織將凍結，或使作物體內水分失衡引起之落葉或新梢、幼葉枯死等現象，最終導致外觀劣化影響商品價值及產量明顯下降。雖然水稻生長適應的溫度範圍很廣，但不同的生長階段皆有其臨界溫度的需求範圍。依據Yoshida and Hara (1977)研究顯示水稻秧苗期、幼穗分化期和成熟期的臨界低溫分別為12-13℃、15-20℃和12-18℃。台灣水稻遭受寒害有兩個時期，一為中南部地區1期水稻的生育初期，由於播種較早，1、2月間受大陸冷鋒侵襲，秧苗期易遭受寒害，稻苗生長較遲，秧苗也變得比較矮小、發育緩慢。孕穗期間若溫度低於18℃時，將會因為寒害而發生稻穀不稔實。另一為北部地區2期水稻，如果種植過晚，抽穗至成熟期容易受到低溫、低日照或季風影響，稻穀成熟期會延遲、結實不良，造成減產損失。

三、低溫試驗設施的設置

農業試驗所現有的環控溫室，具有獨立之雙層遮陰網、風扇和水牆等降溫裝置，藉由環控感應系統，可隨環境變化而自動開閉降溫裝置，將溫室溫度控制在25-35℃之間。台灣南部冬季夜溫常常低於攝氏10℃以下，寒流來臨時，清晨溫度甚至可以低於4℃。氣溫突然下降及持續低溫，對於台灣農業造成的損失尤為顯著。為因應低溫寒害逆境發生時，可進行寒害相關試驗研究的場域，並提出對應的調適作為。本所利用既有之人工光源溫室設施維護增修改建，同時考量後續維護最低成本之規劃，建置可模擬10℃以下的低溫試驗設施。

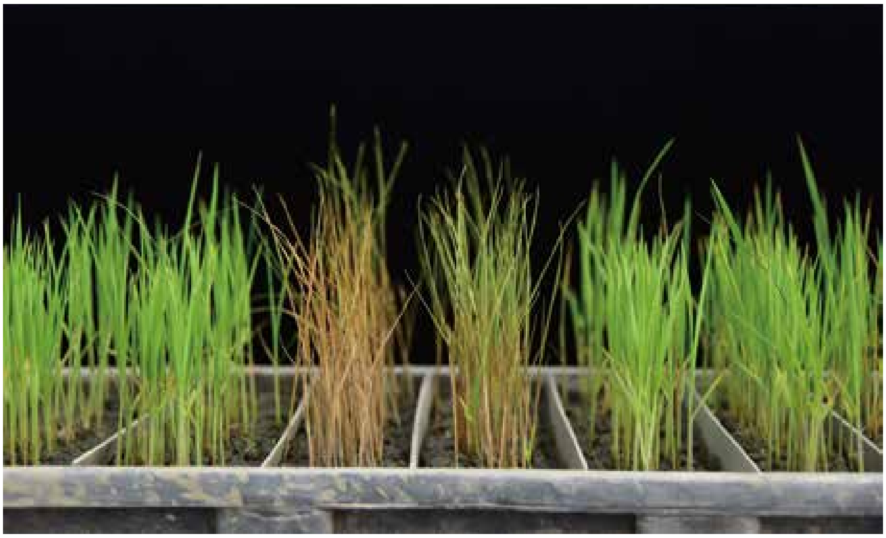
低溫試驗設施面積為12.8m^2(圖二)，具有人機介面控制器和溫度控制系統，利用冷凍鹵水主機，可達成4℃的低溫調控。相對濕度調控範圍為40 -95%。設施內具有可調式立體栽培系統承架裝置，配有防水LED植物燈，可隨植株高度調整。光量子通量密度PPFD於5 cm內可達1000 μmole m^{-2} sec^{-1}，於15 cm內可達760 μmole m^{-2} sec^{-1}。未來可進行水稻種原、品種耐寒性檢定的大量篩選，提升水稻育種選拔效率。亦可提供水稻或其他作物於低溫栽培調適、植物營養、植物生理等研究。

四、低溫試驗設施在水稻的應用

水稻品種育種過程中，需進行各項特性檢定，其中耐寒性檢定試驗於新竹縣五峰鄉花園村設立檢定圃，針對各試驗改良場所育成之水稻品系(種)進行耐寒性評估。第1期作進行秧苗期耐寒性檢定(圖三)，由秧苗之葉色是否變黃、葉片

有無捲縮、成活率及生長勢判別耐寒等級。第2期作進行生育後期耐寒性檢定，於成熟期收穫水稻，計算稻穀之稔實率(圖四)，以判別各品系(種)耐寒等級。檢定圃位於海拔高度約500公尺的田區，利用高海拔溫度較低之自然環境進行檢定，易受氣候變化影響，較不容易精準檢定各品系耐寒程度。低溫試驗設施可以針對不同作物及溫度需求，進行精準的溫度控制，可獲得準確的試驗結果。再者，面對天然災害所引發的重大農業損失，需要一可模擬氣象環境之試驗場域，進行防災技術研發及災損評估，提供精準及可重複之試驗數據，作為品種改良及調適研究之依據。

圖二、低溫試驗設施的內部配置。



圖三、低溫試驗設施進行水稻秧苗期耐寒性檢定試驗。

五、結語

多數重要作物特性皆由數量遺傳所調控，常受到環境因子影響，而不易探索相關功能基因。表型體學(phenomics)為基因型表現的整體結果，更是育種目標性狀（如耐寒、耐熱、耐旱）的表現結果，為育種成敗的決定因素。表型體的表現易受環境因子影

圖四、低溫試驗設施進行模擬水稻孕穗期低溫寒害試驗。

響，一個遺傳性狀必須在穩定的環境控制狀態下，進行表型體測定，才能獲得準確、穩定的外表型表現。低溫試驗設施可配合未來建置的表型體分析設施，針對耐寒性檢定發展表型體分析技術，提升種苗產業於新品種的開發速度與廣度，進而提升競爭力，另亦可提供各試驗場所及國內研究單位進行作物低溫逆境模擬試驗相關研究，以及提供進行低溫逆境作物品種選育。

六、參考文獻

丁文彥。2012。極端溫度對水稻生育的影響。台東區農業專訊。82:16-18。

王安翔、龔楚媖、吳宜昭、于宜強。2016。2016年1月台灣地區寒害事件彙整分析。行政法人國家災害防救科技中心。災害防救電子報。128：1-15。

林慶元、洪士程、徐保雄、施錫彬、陳治官、黃益田、劉清和、劉達修、蔣永正、蔣慕琰、鄭清煥、羅幹成。2007。生理障礙-寒害植物保護圖鑑系列水稻保護（下冊）。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。P.395-397 。

陳淡容、于宜強、朱容練。2020。台灣寒流的農漁業衝擊與低溫預警技術研究。災害防救科技與管理學刊。9(1):13-24。

陳淡容、朱容練、林欣弘、陳奕如。2016。台灣低溫分析及於寒害預警之應用。106年天氣分析與預報研討會A4-7。

Yoshida, S. and Hara, T. (1977) Effects of Air Temperature and Light on Grain Filling of an Indica and a Japonica Rice (Oryza sativa L.) under Controlled Environmental Conditions. Soil Science and Plant Nutrition, 23, 93-107.

全球藍莓生產與貿易概況

農試所農經組 江秀娥 莊凱恩

一、前言

依據農委會統計資料，台灣2021年水果總進口值達到1,233,048千美元，為近年新高點。前10大進口果品中，蘋果、奇異果、櫻桃及葡萄當年進口值都超過1億美元(表一)，尤其是名列前茅的蘋果，占進口總值的22.5%。除堅果類杏仁與腰果外，其他還包括桃、梨、椰子與橙類。

近年來值得關注的進口水果中，藍莓逐漸嶄露頭角，根據國際貿易中心(ITC)資料，台灣2017年藍莓進口值為13,882千美元，呈現逐年成長趨勢，至2021年已達21,380千美元(表二)。對照表一，藍莓已經晉升為我國第9大進口果品，進口來源國主要為智利與美國，秘魯則是從2020年起許可進口。

基於健康取向的消費意識，藍莓進口值逐年成長且市場價格高，因此吸引國內農民開始嘗試種植。先不論台灣的氣候條件是否適合藍莓生產，本文嘗試從全球藍莓的生產與貿易資料切入，分析產業概況，供躍躍欲試的生產者參考。

二、全球藍莓主要產區分布

藍莓屬於溫帶水果，商業品種分為5大類，其中北高叢藍莓是目前最主要的經濟栽培品種；還有適合加工的矮叢藍莓、適合亞熱帶栽培的南高叢藍莓、耐寒性高的半高叢藍莓，及適合低緯度地區且對土壤環境適應性較廣的兔眼藍莓(王怡雯、李國譚，2013)。

依據聯合國糧農組織(FAO)資料顯示，藍莓主要產區依產量排序分別為美國、智利、秘魯、加拿大、波蘭、墨西哥與西班牙等國(表三)。北美的加拿大與美國為主要

作　　者：江秀娥副研究員
連絡電話：04-23317652

傳統產區，其收穫面積分居第1名、第2名，但加拿大總產量卻少於智利與秘魯，位居第4名。從近5年的平均複合成長率來看，不論收穫面積與產量加拿大皆呈現衰退，美國收穫面積雖有減少趨勢，但產量則小幅成長；若從2010年以來之長期趨勢來看，美國與加拿大藍莓產業仍屬正向成長。

南美洲的秘魯藍莓產業迅速崛起且急起直追，其收穫面積自2010年的32公頃成長至2020年13,443公頃的規模，產量也已經達到18萬公噸以上(表三)，其收穫面積與產量近5年之年均複合成長率分別為47%與51%。此外，智利產量位居全球第2名，收穫面積也為正成長。

另一個藍莓重要產區為歐洲地區，波蘭與西班牙藍莓之收穫面積與產量為歐洲區最大，分居全球第5名與第7名；葡萄牙、荷蘭、德國、法國等也都有不少的產量，其藍莓產業在歐洲也是呈現成長趨勢。

南非的藍莓產量於2020年躍居全球第8名，成長快速，且積極拓展外銷市場，對其經濟發展有很大的助益。依據南非西開普敦省農業部門與南非莓果生產者協會(South Africa Berry Producers’ Association, SABPA)分析，藍莓屬勞力密集產業，南非從2013年~2018年增加了4,000個就業機會，且促成上下游產業鏈的發展，2018年產業投資3千5百萬美元於新藍莓農場建設，其他相關產業鏈的投資(如冷鏈設備)也高達2千6百萬美元 (Louw et al, 2019)，可見藍莓產業對南非之經濟貢獻匪淺。

表一、台灣近5年水果前10大進口品項與進口值 單位:千美元

進口品項	2017	2018	2019	2020	2021
1.蘋果	275,099	253,317	275,400	236,343	277,522
2.奇異果	124,146	117,160	110,273	102,836	116,129
3.櫻桃	111,248	106,929	103,836	96,393	112,827
4.葡萄	97,597	96,493	97,421	110,850	107,137
5.桃	52,101	49,879	54,029	51,108	56,217
6.杏仁	35,990	30,758	40,712	31,148	34,414
7.腰果	16,776	23,034	25,829	23,342	28,130
8.梨	24,058	24,493	25,250	26,437	26,234
9.椰子	12,415	13,130	12,536	16,510	18,382
10.橙類	20,134	13,026	18,740	13,651	15,730
水果年度總進口值	1,116,664	1,066,082	1,132,803	1,085,524	1,233,048

資料來源:農委會統計資料查詢https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/trade/tradereport.aspx

表二、台灣近5年藍莓進口值 單位:千美元

來源國	2017	2018	2019	2020	2021
智利	6,557	6,212	6,217	7,553	10,523
美國	6,825	6,033	7,013	7,720	8,333
秘魯	-	-	-	1,283	2,014
紐西蘭	144	19	182	260	449
日本	7	13	25	39	43
加拿大	349	67	131	57	18
合計	13,882	12,345	13,568	16,912	21,380

資料來源:ITC，查詢 08104010000 Blueberries, fresh.

中國藍莓生產資料雖未於國際糧農組織網站統計資料中呈現，但依據國際藍莓組織(International Blueberry Organization, IBO)的資料顯示，現今中國才是全球藍莓的最大生產國且發展迅速，其2020年高叢藍莓的總種植面積超過6萬公頃，產量為28萬5千公噸，主要分布在貴州、遼寧、山東、雲南與四

表三、世界藍莓主要產區生產概況

國家別	項目	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	近3-5年平均複合成長率(CAGR)
美國	收穫面積(ha)	28,530	29,660	30,919	32,796	34,297	36,349	37,555	33,950	39,100	39,290	37,000	-0.3%
	產量(tonne)	188,926	201,030	212,168	246,559	262,498	254,012	269,257	235,210	255,050	306,900	294,000	1.8%
智利[Z]	收穫面積(ha)	-	-	-	-	-	-	15,800	15,754	15,708	15,784	18,185	5.0%
	產量(tonne)	-	-	-	-	-	-	-	-	180,490	179,060	183,460	0.5%
秘魯	收穫面積(ha)	32	280	400	650	300	1,158	1,945	4,134	6,011	11,027	13,443	47.2%
	產量(tonne)	30	320	560	1,668	2,500	10,585	22,978	52,301	94,805	147,900	180,300	51.0%
加拿大	收穫面積(ha)	34,277	38,479	36,841	37,985	40,443	40,760	42,570	41,569	41,068	40,671	39,758	-1.4%
	產量(tonne)	83,550	105,246	127,174	110,313	166,739	175,549	211,191	173,641	153,770	176,155	146,370	-7.1%
波蘭	收穫面積(ha)	2,167	2,404	3,126	3,223	3,470	3,230	5,039	7,070	8,090	8,480	9,700	14.0%
	產量(tonne)	9,195	8,595	11,251	12,731	12,469	14,112	14,721	16,343	25,300	34,770	55,300	30.3%
墨西哥	收穫面積(ha)	106	636	885	1,290	1,803	2,031	2,946	3,334	3,611	4,319	4,610	9.4%
	產量(tonne)	1,059	6,704	7,191	10,160	18,031	15,489	29,067	36,700	40,251	48,999	50,293	11.6%
西班牙	收穫面積(ha)	522	547	572	975	1,760	1,803	2,260	3,260	3,720	4,030	4,210	13.2%
	產量(tonne)	6,696	6,858	7,019	11,912	21,060	21,060	24,945	35,355	43,520	53,380	48,520	14.2%
南非[Z]	收穫面積(ha)	-	-	-	-	-	-	1,016	1,508	2,000	2,661	3,322	18.4%
	產量(tonne)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,150	13,650	15,800	139.5%
葡萄牙	收穫面積(ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,930	2,480	2,490	8.9%
	產量(tonne)	530	700	1,437	1,429	1,824	4,436	6,572	9,840	11,060	15,160	15,420	18.6%
荷蘭	收穫面積(ha)	535	584	586	574	639	737	777	832	930	1,110	920	3.4%
	產量(tonne)	4,537	5,249	6,000	5,643	6,400	7,751	9,081	8,935	9,300	11,060	9,200	0.3%
德國	收穫面積(ha)	1,429	1,434	1,835	2,031	2,083	2,479	2,714	2,844	3,040	3,160	3,290	3.9%
	產量(tonne)	8,305	6,608	8,843	10,277	12,077	11,945	10,710	13,805	12,760	14,850	11,300	1.1%
法國	收穫面積(ha)	2,640	2,455	2,458	2,421	2,489	2,484	2,440	2,431	2,393	2,400	2,400	-0.6%
	產量(tonne)	11,001	9,379	8,161	9,120	10,260	9,613	6,706	8,496	9,127	-	-	10.8%
合計	收穫面積(ha)	70,238	76,479	77,622	81,945	87,284	91,031	98,246	99,424	107,963	114,487	115,331	3.3%
	產量(tonne)	313,829	350,689	389,804	419,812	513,858	524,552	605,228	590,626	654,943	809,174	810,703	6.0%

資料來源:FAO；Z:智利與南非資料來自IBO。

川，這5個地區生產面積合計超過4萬公頃(表四)。中國高叢藍莓作為加工用途占總產量54%，較鮮食多一些。

中國、秘魯的藍莓產業發展迅速。其中，中國雲南省政府吸引外國資金直接投資農業，包括由智利與當地合作的團隊；另一為美國與澳洲合作團隊，引進專屬授權的品種在中國生產，獲得相當顯著的獲利；也有來自美國、西班牙之育種公司在中國發展品種選育、育苗等產業前端之事業。秘魯也得力於智利、西班牙、美國等園藝專家的協助，得以迅速發展其藍莓產業(IBO，2021)。可見適當引進外來資金、技術等，對於當地農業發展能夠獲得明顯的績效，值得參考。

另外，藍莓產業持續蓬勃發展，同時也面臨勞動力缺乏問題，美國、加拿大等主要生產國都已朝向機採發展。IBO報告中，可見採收機械、分級包裝等設備宣傳廣告。因此，各國在品種研發重點除高產量以外，也會考量機械採收作業配合可行性，以更耐碰撞、硬度高、不易裂果等特性作為品種選育目標(IBO,2021)。

三、全球藍莓貿易概況

(一)主要進口市場概況

全球藍莓主要的進口市場包括北美、歐洲與亞洲地區(表五)，進口量最大區域為歐洲地區(含中西歐與東歐)，2019年總進口量超過25萬公噸，其次為北美地區17萬多公噸。各區進口量皆呈現增長趨勢，2016~2019年各區進口量年均複合成長率皆超過10%以上，其中又以東歐與亞洲地區的成長率最高，達20%以上。

表四、亞洲高叢藍莓生產概況

國家別(地區)	種植面積(公頃)					2020產量(千公噸)		
	2016	2017	2018	2019	2020	鮮食	加工	合計
中國	21,999	36,051	50,097	55,122	60,147	131.55	153.50	285.05
貴州	8,204	11,958	14,967	14,984	15,000	8.50	76.50	85.00
遼寧	2,455	4,240	6,134	6,967	7,800	17.50	17.50	35.00
山東	2,124	3,786	5,600	6,466	7,333	23.10	9.90	33.00
雲南	915	1,999	3,333	4,166	5,000	25.20	2.80	28.00
四川	732	2,133	4,000	5,334	6,667	8.00	12.00	20.00
吉林	2,197	3,199	4,000	4,000	4,000	4.50	10.50	15.00
安徽	1,373	2,199	3,000	3,250	3,500	20.00	-	20.00
其他省	3,999	6,537	9,063	9,955	10,847	24.75	24.30	49.05
南韓	2,500	2,350	2,200	2,600	3,000	12.60	1.40	14.00
日本	1,133	1,242	1,350	1,375	1,400	2.56	0.64	3.20
亞洲合計	25,632	39,646	53,653	59,103	64,553	146.71	155.54	302.25

資料來源:IBO,2021,Global State of the Blueberry Industry Report.。

美國是全球藍莓最大單一進口國(表五)，2019年進口量達16萬公噸以上，該國也是藍莓的生產大國，可見其國內市場對此果品需求之殷切，其2016-2019年進口量之年均複合成長率達11.9%。

歐洲地區尤其是西歐，其藍莓總體進口量超過北美地區，主要進口國包括荷蘭、英國、德國等，2019年進口量最多的國家為荷蘭，德國則是進口成長率最高。波蘭為東歐的藍莓主要進口國，其進口量年均複合成長率高達28.4%，高於東歐地區平均，也是全球主要進口市場中成長率最高國家。

亞洲地區主要進口市場為中國，其2019年進口量占該地區的71%，此外，

表五、全球藍莓主要進口地區與進口量 單位:公噸

進口市場	2016	2017	2018	2019	年均複合成長率
美國	106,783	97,567	135,972	167,140	11.9%
加拿大	4,817	3,561	6,002	4,741	-0.4%
北美小計	111,600	101,128	141,974	171,881	11.4%
荷蘭	26,958	34,935	41,764	68,612	26.3%
英國	42,984	44,757	48,366	56,524	7.1%
德國	22,534	32,104	42,495	61,063	28.3%
法國	6,990	9,098	7,689	12,895	16.5%
中西歐小計	122,313	146,532	165,058	225,219	16.5%
波蘭	4,407	5,832	8,455	11,988	28.4%
東歐小計	15,385	17,405	23,106	33,074	21.1%
中國	11,168	14,273	17,714	26,268	23.8%
南韓	2,683	3,157	2,750	3,860	9.5%
日本	1,945	1,864	1,874	2,568	7.2%
新加坡	1,234	1,357	1,896	2,737	22.0%
亞洲小計	17,634	21,647	25,265	36,880	20.3%

資料來源:同表四。

表六、全球藍莓主要出口地區與出口量 單位:公噸

出口國/地區	2016	2017	2018	2019	年均複合成長率
秘魯	28,154	43,039	73,931	125,056	45.2%
智利	112,515	87,370	113,256	111,251	-0.3%
墨西哥	7,977	13,663	18,902	28,344	37.3%
阿根廷	16,942	15,627	14,552	12,280	-7.7%
中南美洲小計	165,593	159,717	220,658	278,130	13.8%
西班牙	37,922	52,752	53,547	74,350	18.3%
葡萄牙	1,577	4,015	4,845	5,896	39.1%
義大利	1,718	1,592	1,745	2,111	5.3%
摩洛哥	13,646	19,318	23,620	31,775	23.5%
南歐北非小計	55,198	78,028	83,899	114,298	20.0%
波蘭	8,541	12,140	12,995	16,928	18.7%
東歐小計	18,978	20,635	24,119	28,571	10.8%
南非	2,557	4,622	8,083	13,064	50.3%

資料來源:同表四。

南韓、日本與新加坡等國進口量也都超過2,500公噸。中國與新加坡市場成長率高，為各出口國努力爭取的市場。

由此看來，藍莓的市場需求不斷增長，不論本身是否生產藍莓，如美國、荷蘭、德國、波蘭、中國等，其進口量都持續增加中，尤其是德國、波蘭與中國市場，未來成長可期。

(二)主要出口國概況

就出口量來看，全球藍莓主要出口地區為中南美洲(表六)，其2019年總出口量達27萬8千公噸，近年來之年均複合成長率為13.8%。秘魯出口成長最快，2019年出口量超過12萬公噸，已經成為本區藍莓最大輸出國，也是世界第一，迎頭趕上本來出口量最大的智利；而智利與阿根廷出口量呈現衰退的跡象。

南歐與北非藍莓出口量也逐年成長，2019年達11萬4千公噸，年均複合成長率高達20%。其中，西班牙為本區最主要出口國，摩洛哥次之，但成長率最高則為葡萄牙。

南非出口成長最快，達到年均複合成長率50%以上，其藍莓產量超過80%外銷，是為出口導向的產業，其果品出口實力不容小覷。另外波蘭不僅是東歐主要的藍莓生產國，也是東歐地區最大進口國與出口國，出口量較進口量多一些。

因應國際市場對藍莓產品之需求，南非、秘魯、葡萄牙、墨西哥、摩洛哥等國皆致力於擴展其藍莓產業，並爭取外銷市場，以促進其國家經濟發展。由此看來，這些主要藍莓出口國皆已成功切入市場，並有一定市占率，可預期競爭將更為激烈。

四、結論

由於健康消費的意識提高，促進藍莓產業的發展與壯大。對北美國家而言，藍莓發展較早，為傳統產區也是主要消費地區，不論生產面積、產量與進口量等，仍是逐年增加的趨勢。新興產區如南美洲之秘魯、中國與南非也加入生產藍莓的行列，成長飛快，尤其是秘魯與南非，致力於藍莓產品的出口，拓展外銷市場，近年來也頗具成效。

台灣進口藍莓也逐年增加，顯見國人對於藍莓產品的喜愛，因此有部分農友開始進行藍莓的生產，多處於嘗試階段，尚無法達到經濟規模的栽培。國際上主要生產地區，如美國、加拿大，由於面臨勞動力缺乏，都已發展機械採收，並配合研發耐碰撞、硬度高、不易裂果等特性之品種。如果未來想要發展國產藍莓事業，可能還有許多問題待克服，有意嘗試的農友可多加評估。

五、參考文獻

王怡雯、李國譚，2013，兔眼藍莓品種改良，植物種苗15(2):12-27。

IBO, Global State of the Blueberry Industry Report 2021.

Louw P., Mzwanele L., and Philip S., 2019, The Economic Contribution of the South African Blueberry Industry.

使用程式語言R輕鬆完成試驗設計分析 (一)完全隨機設計

農試所作物組 楊滿霞

一、前言

掌握好統計分析工具，農業研究分析工作就能得心應手，以往農業研究人員主要使用SASEG(statistical analysis system enterprise guide)進行統計分析，此軟體不需要寫程式，人性化界面進行點選或者拖拉方式，即可進行資料整理與分析，非常受到研究人員的歡迎。R為近20年來逐漸在學術界站穩一席之地的統計分析工具之一，相對於SASEG需要一筆不小的租賃經費，R是一個結合統計分析與繪圖功能的免費且開放軟體，但使用者需有自行撰寫程式的能力，此為大部分研究人員對於R卻步的主要原因。R的優點之一為開放讓使用者自行撰寫函數與套件，增強R的分析功能，本文作者自行撰寫R的完全隨機設計(completely randomized design, CRD)函數，並公開讓研究人員無償使用，此函數的特點為將撰寫程式的工作降到最低，僅需要撰寫函數本身一行程式，使用者即可獲得完整的分析結果，本文提供完全隨機數計函數的操作說明並提供單、複因子的範例，讓使用者更了解此函數的運用。

二、完全隨機設計簡介

農業研究常依據試驗目的挑選適當的試驗設計規劃試驗田區，完全隨機設計是其中最簡單的試驗設計，在試驗環境(田區)均勻無偏性因子影響下，研究人員可以挑選完全隨機設計來規劃試驗，根據試驗處理組合數及重複數將所在試驗環境(田區)下分成(試驗處理組合數x重複數)個小區，在每個小區隨機實施不同處理組合。完全隨機設計可以做單因子或複因子的分析，如果是單因子完全隨機設計分析，根據變方分析(analysis of variance, ANOVA)結果檢視主效應是否顯著，如果顯著則需進一步做最小顯著差異性測驗 (least significant difference, LSD)，了解處理間是否有差異；如果是複因子完全隨機設計分析，根據變方分析結果需先檢視交感是否顯著，如果交感效應

作　　者：楊滿霞助理研究員
連絡電話：04-23317128

顯著，針對所有處理組合做LSD或者固定某一因子，對另一因子做LSD，此時，主效應是否顯著不重要。如果交感效應不顯著但主效應顯著時，應針對主效應做LSD，了解該因子處理間是否有差異(圖一)。

三、完全隨機設計函數(CRD)使用

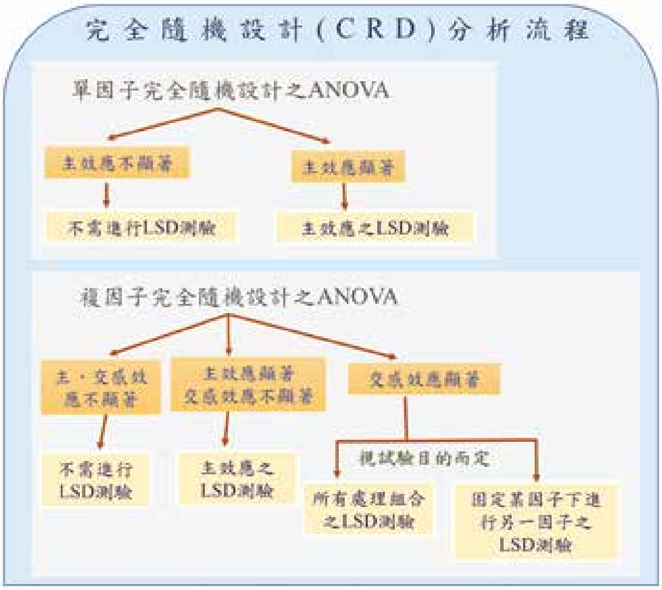
R是免費且公開的軟體，R可以作資料處理、繪圖、統計分析，並提供使用者建立自己撰寫的函數及套件(package)，方便散佈自己的分析方法或教學。本文提供完全隨機設計函數，函數名稱為CRD，此函數依據研究人員需求設計，不必撰寫複雜的程式碼，一行程式碼即可完成完全隨機設計分析，相關下載及使用說明如下:

(一)下載R軟體與CRD函數

R軟體官網https://www.r-project.org/提供免費下載R，進入網頁後左列表Download>CRAN，選擇所在國家Taiwan>https://cran.csie.ntu.edu.tw/，依作業系統需求選擇下載選項，如果是微軟系統則選擇Download R for Windows，點選「base」套件，頁面會顯示最新的R版本供下載「Download R-4.2.0 for Windows」，點選後將自動下載R-4.2.2.exe執行檔，安裝此執行檔即可完成R軟體安裝。完成R安裝後到農業試驗所網頁https://www.tari.gov.tw/，路徑為「農業試驗所>本所簡介>研究單位>作物組>業務專區>生物統計與生物資訊>簡介>檔案下載」，下載「完全隨機設計CRD函數.zip」，內含CRD.RData及R_InputData資料夾，左鍵點2下打開CRD.RData，在R console視窗，輸入CRD後按下enter鍵，即可出現CRD函數原始程式碼。

(二)CRD函數引數簡介

延續上述操作，將R_InputData資料夾複製貼到D槽，該資料夾內含CRD_Rprogram.R、CRD.csv、f2CRD.csv和f3CRD.csv共4個檔案。為讓使用者了解CRD函數的使用，點選CRD.RData主視窗左上角檔案>開啟命令稿，打開CRD_Rprogram.R，該檔案提供單因子、2因子及3因子的CRD函數的撰寫範例，範例檔案分別為CRD.csv、f2CRD.csv和f3CRD.csv。R函數撰寫的規則為，先寫



圖一、完全隨機設計(CRD)分析流程。

出函數名稱，後面加括弧（），括弧中再寫各引數的指定內容，經由CRD函數撰寫範例可知，CRD函數包含4個引數，分別為WD、Filename、X和T。以單因子撰寫範例CRD(WD="d:/R_InputData", Filename="CRD.csv", X=3, T=1)為說明。

WD為指定待分析檔案放置的路徑，等號「=」代表指定的意思，等號後面填寫檔案放置路徑，由於路徑為字串，需用引號' '或者" "標示，R程式才能認得此路徑名稱，此範例為WD="d:/R_InputData"(或者WD='d:/R_InputData')，代表待分析檔案放在D槽的R_InputData資料夾內，建議使用者可在D槽下建立R_InputData資料夾，並將待分析檔案放入該資料夾內，則不用變動程式，或者請使用者依自己電腦放置待分析檔案位置，調整指定路徑內容，建議使用者路徑避免出現中文字，以免產生不可預期的錯誤；Filename為待分析檔案名稱，檔案名稱需含副檔名，且檔案必需為csv檔，本範例檔案名稱為CRD.csv，由於檔案名稱也為字串，需用引號''或者""標示，此範例寫法為Filename="CRD.csv"(或者Filename='CRD.csv')；X為觀測值在待分析檔案中的「第幾行」，限制指定的行數只能為1行，此範例寫法為X=3，即CRD.csv中第3行為觀測值；T為處理在待分析檔案內的「第幾行」，最多可指定3個處理行數，即CRD函數最多提供3因子分析，無4因子以上的分析服務，此範例寫法為T=1，代表CRD.csv第1行為處理因子。如為複因子分析，處理因子為1個以上，以2因子為例CRD(WD="d:/R_InputData", Filename="f2CRD.csv", X=4, T=c(1,2))，檔案f2CRD.csv的第1和2行為處理因子，則該引數寫成T=c(1,2)，將指定的行數寫在c()內並用，隔開(c代表combine，將其內的引數結合為向量)。確定好4個引數需填入的資訊後，填寫在CRD()內後並以半形逗號「,」隔開，即完成CRD函數的撰寫(圖二)。

(三)CRD函數執行與分析結果說明

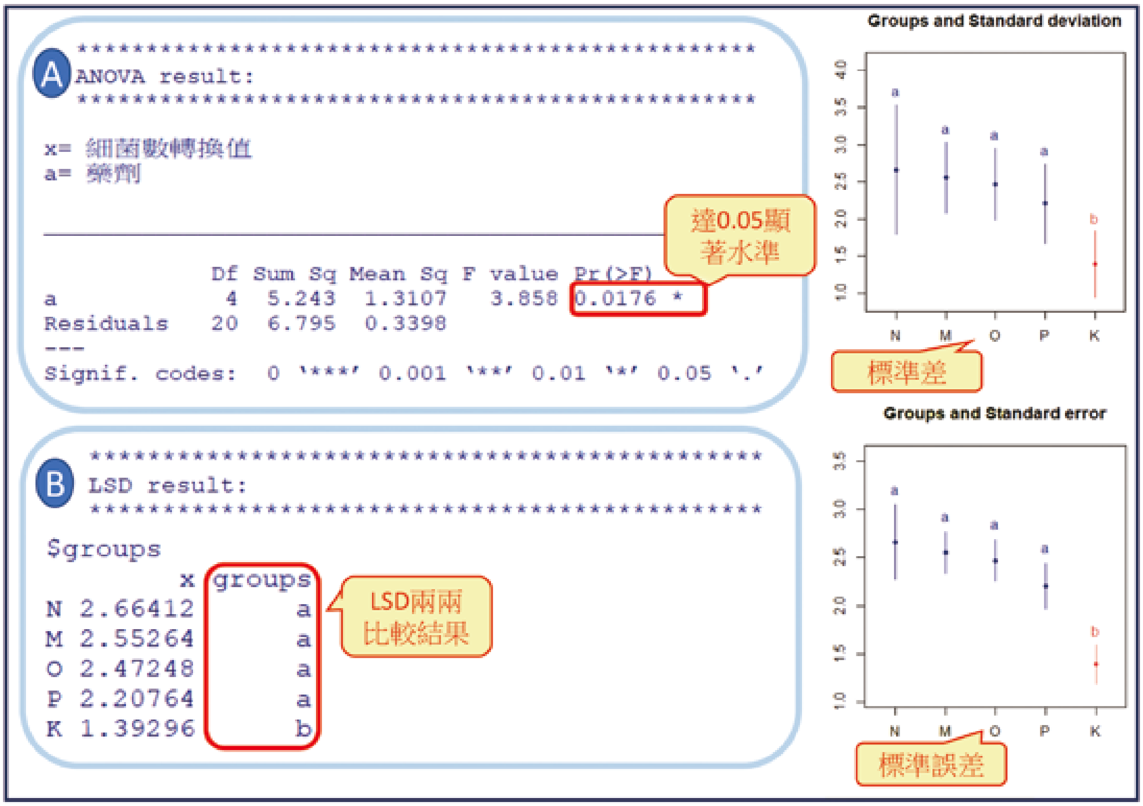
了解CRD函數撰寫後，這邊說明如何執行CRD函數並解讀分析結果，執行R程式的方式很簡單，將游標停在該R程式後，鍵盤先後點選ctrl和r，即可執行該行程式，以下用單因子範例CRD(WD="d:/R_InputData", Filename="CRD.csv", X=3, T=1)做說明。執行該程式後，出現安裝agricolae套件(該套件功能為分析LSD)的國家連線選擇列表，請選擇Taiwan再點選「確定」

```
#One Factor
CRD(WD="d:/R_InputData",Filename="CRD.csv",X=3,T=1)
                                        單因子程式範例

#Two Factors
CRD(WD="d:/R_InputData",Filename="f2CRD.csv",X=4,T=c(1,2))
                                        2因子程式範例

#Three factors
CRD(WD="d:/R_InputData",Filename="f3CRD.csv",X=4,T=c(1,2,3))
                                        3因子程式範例
```

圖二、提供單因子與複因子CRD函數R程式範例寫法供參。

後，在R console視窗即出現CRD的分析結果，游標點選該視窗後。可使用滑鼠滾珠前後查看分析結果內容，資料分析結果分為3大部分Data Input、ANOVA result和LSD result。

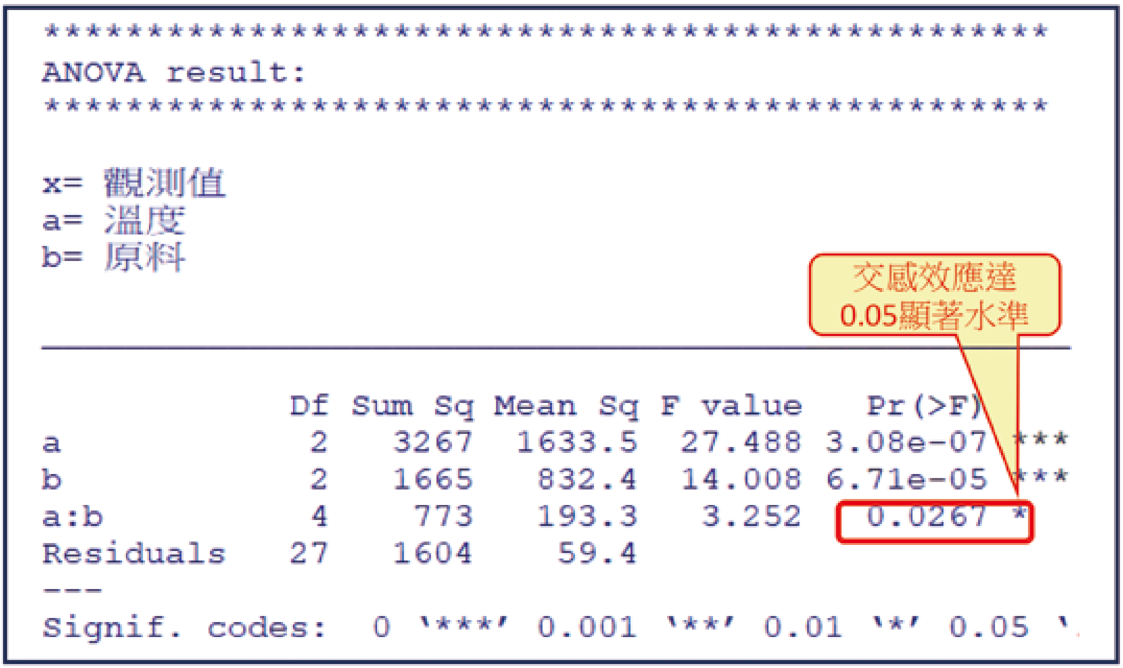
Data Input顯示待分析檔案內的資料簡介，描述檔案內有25個觀測值共3個變數，也會顯示變數資料的類型，例如「藥劑」為字串，「細菌數」為整數，「細菌數轉換值」為數值。ANOVA result部分，首先顯示觀測值「細菌數轉換值」代號為x，處理「藥劑」代號為a，接下來兩部分的ANOVA result和LSD result，變數皆以前述代號顯示，ANOVA表格可依Pr(>F)欄位檢視處理因子或交感因子是否顯著，如出現「*」及「**」分別代表達0.05和0.01顯著水準，則須做LSD分析。LSD result在第一行標示為哪一個因子的LSD分析結果，可再$group內見到處理LSD分析的結果，第一行為處理的代號，第二行為處理平均值，第三行為LSD兩兩比較結果，另外，R Graphics視窗為LSD的結果繪圖，按壓page up 或page down檢視LSD結果圖。有關單因子範例結果可參考圖三，ANOVA分析結果顯示藥劑因子顯著(圖三A)，「藥劑」因子的LSD結果可見圖三B，圖三右側兩張小圖為LSD分析結果繪圖，CRD函數針對每個LSD結果分別提供使用者「標準差」及「標準誤差」兩張圖



圖三、CRD函數提供之單因子分析結果(擷取部分結果)。

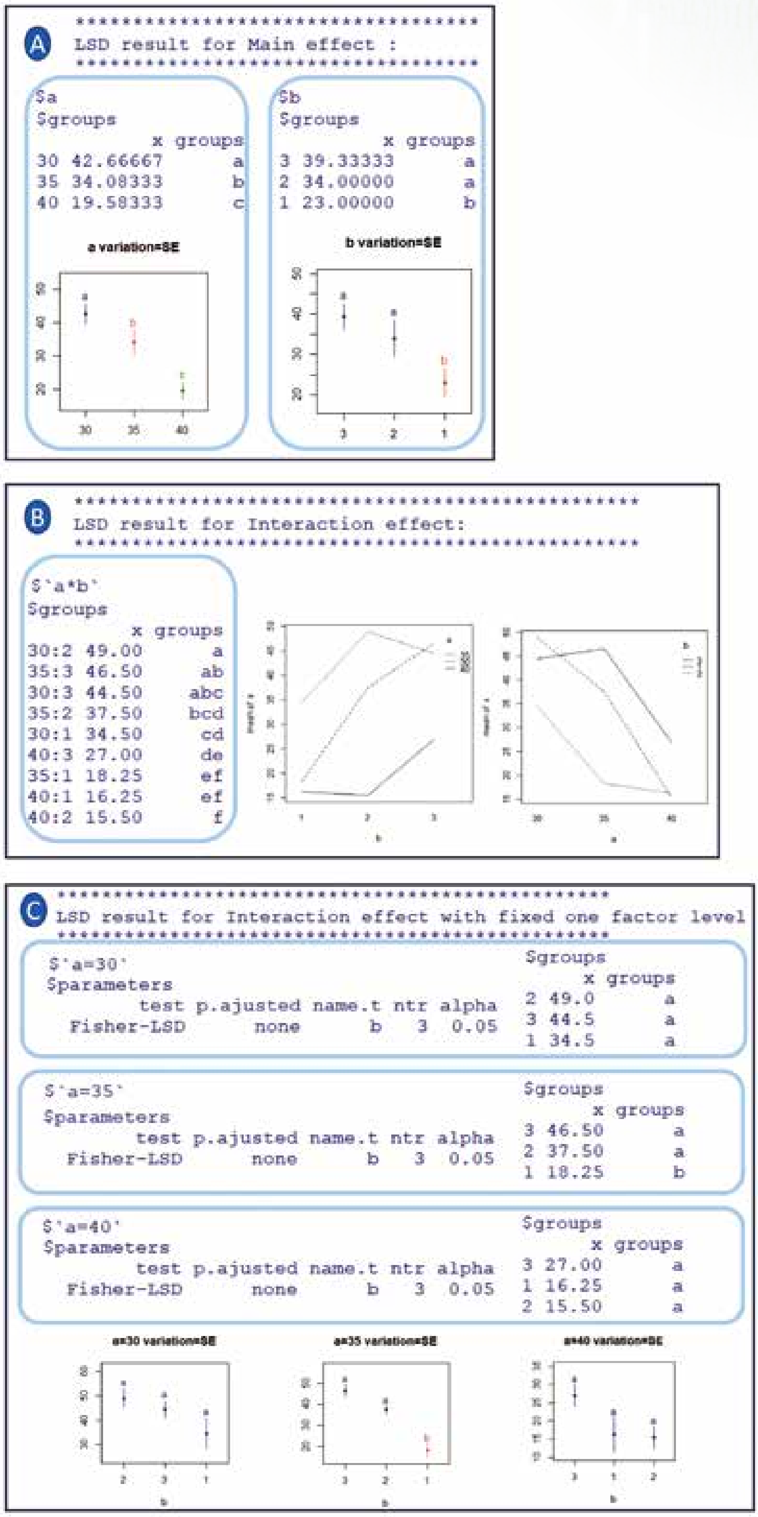
參考，使用者可在該視窗點選右鍵複製或儲存圖片。

以2因子CRD(WD="d:/R_InputData",Filename="f2CRD.csv",X=4,T=c(1,2)) 分析為例，同樣會出現ANOVA result(圖四)和LSD result兩部分，其中LSD result會再細分為三部分「主效應分析」、「交感效應分析」、「固定某一因子分析其他因子結果」(分別為圖五A、B、C)。LSD result for Main effect可在第一列得知目前這是分析哪一個因子，依序看到a和b的主效應分析結果；LSD result for Interaction effect同樣可第一列得知目前這是分析哪一交感因子，在此例顯示為a*b代表a和b因子的交感效應。LSD result for Interaction effect with fixed one factor level可在第一行見到固定哪一個因子，例如'a=30'及在$parameters的name.t欄位為b，代表固定a因子為30時，分析b因子的LSD結果。另外，R Graphics視窗為LSD的結果繪圖，包含前述之主效應、交感效應及固定某一因子的交感效應，可點選該視窗，按壓page up 或page down檢視LSD結果圖，每個LSD分析結果，都提供使用者「標準差」及「標準誤差」兩張圖做為參考；在交感效應部分，則提供兩因子交感效應圖，可直接在該視窗點選右鍵複製或儲存圖片。不管ANOVA分析結果主效應或交感效應是否顯著，CRD函數提供的LSD result包含所有處理組合(主效應及交感效應)LSD分析結果，使用者須依照ANOVA分析結果挑選需要的LSD結果即可(參考圖一流程說明)；以2因子為




```
****************************************************
ANOVA result:
****************************************************

x= 觀測值
a= 溫度
b= 原料

            Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)    
a            2   3267  1633.5  27.488 3.08e-07 ***
b            2   1665   832.4  14.008 6.71e-05 ***
a:b          4    773   193.3   3.252   0.0267 *  
Residuals   27   1604    59.4                     
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.
```

圖四、CRD函數提供之2因子分析ANOVA結果。



圖五、CRD函數提供之2因子分析LSD結果(擷取部分結果)。

例，圖四顯示主效應及交感效應皆顯著，此時只需要做交感效應LSD分析，不需做主效應之LSD分析，使用者在整理分析結果時，只需要採用圖五(B)或(C)的交感效應分析結果，不需要採用圖五(A)的主效應分析結果。

四、結論

使用者使用CRD函數分析完全隨機設計分析，只需要撰寫一行R程式，即可完成程式撰寫工作，使用者快速獲得分析結果，大幅減少撰寫程式及程式除錯的麻煩，CRD函數將所有可能LSD分析結果列出來，並非所有結果都是必需的，使用者須具備基本的統計觀念，學會如何解讀ANOVA分析結果，再依據ANOVA結果挑選正確的LSD分析，另外提醒使用者，在ANOVA分析前，資料須符合常態方布，使用CRD函數分析前，請確認資料是否符合常態分布，以免獲得不正確的分析結果。

農業試驗所

最新品種與技術授權資訊

草莓台農1號品種權

- 已授權沁霖觀光農園生產、銷售。
- 洽詢電話： 05-3612337
- 地址：嘉義縣太保市麻寮里北港路二段403巷251弄68-10號
- 已授權台一農業科技有限公司生產、銷售。
- 洽詢電話： 049-2901346
- 地址：南投縣埔里鎮中山路一段176號

青割玉米台農8號F_1種子生產技術

- 已授權行政院農業委員會種苗改良繁殖場生產、製造。
- 洽詢電話：04-25825490
- 地址：台中市新社區大南里興中街6號

瓜實蠅誘殺錠誘引配方

- 已授權嘉和農業資材有限公司生產、銷售。
- 洽詢電話：05-3622888
- 地址：嘉義縣鹿草鄉豐稠村馬稠後18號

技術服務季刊
學術典藏

GPN：2007900008
定價：NT$50